

# Studio della risoluzione temporale ad alto rate di fotorivelatori in regime di singolo fotone

Marta Calvi<sup>a,b</sup>, **Simone Capelli**<sup>a,b</sup>, Paolo Carniti<sup>a,b</sup>,  
Claudio Gotti<sup>b</sup>, Gianluigi Pessina<sup>b</sup>

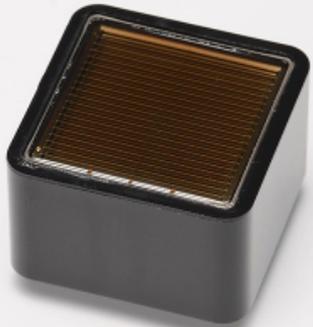
# Introduzione

- Con LHC ad alta luminosità l'esperimento LHCb prevede di raccogliere dati alla luminosità di  $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  (10 volte maggiore di quella del prossimo Run3).
- L'utilizzo dell'informazione temporale sarà necessario al fine di mantenere le attuali prestazioni in un ambiente ad elevato *pile-up*.
- In particolare una efficiente identificazione di particelle cariche tramite il rivelatore RICH (*Ring-Imagin-CHerenkov*) richiederà fotorivelatori dotati di elevata granularità, resistenza alla radiazione e ottima risoluzione temporale.

# Introduzione

- In questo studio si è analizzata la risoluzione temporale del fotomoltiplicatore multianodo (R13742 MaPMT) attualmente in installazione nel rivelatore RICH di LHCb.
- Le sue prestazioni in regime di singolo fotone sono state messe a confronto con quelle di un fotorivelatore a micro-canali (R10754 MCP-PMT), prodotto anch'esso da Hamamatsu.

# Fotomoltiplicatori



**MaPMT**

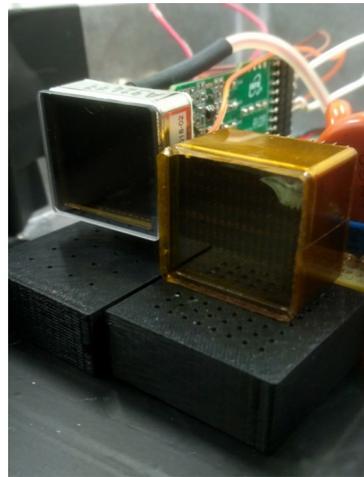
R13742-103-M64

30x30 mm<sup>2</sup>

64 pixel

12 dinodi

~900V



**MCP-PMT**

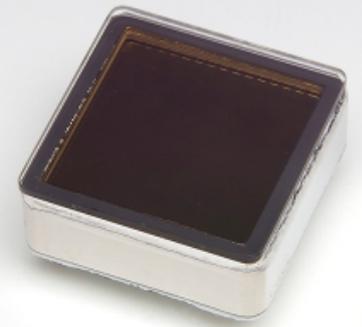
R10754-07-M16

27.6x27.6 mm<sup>2</sup>

16 pixel

microcanali

~2000V

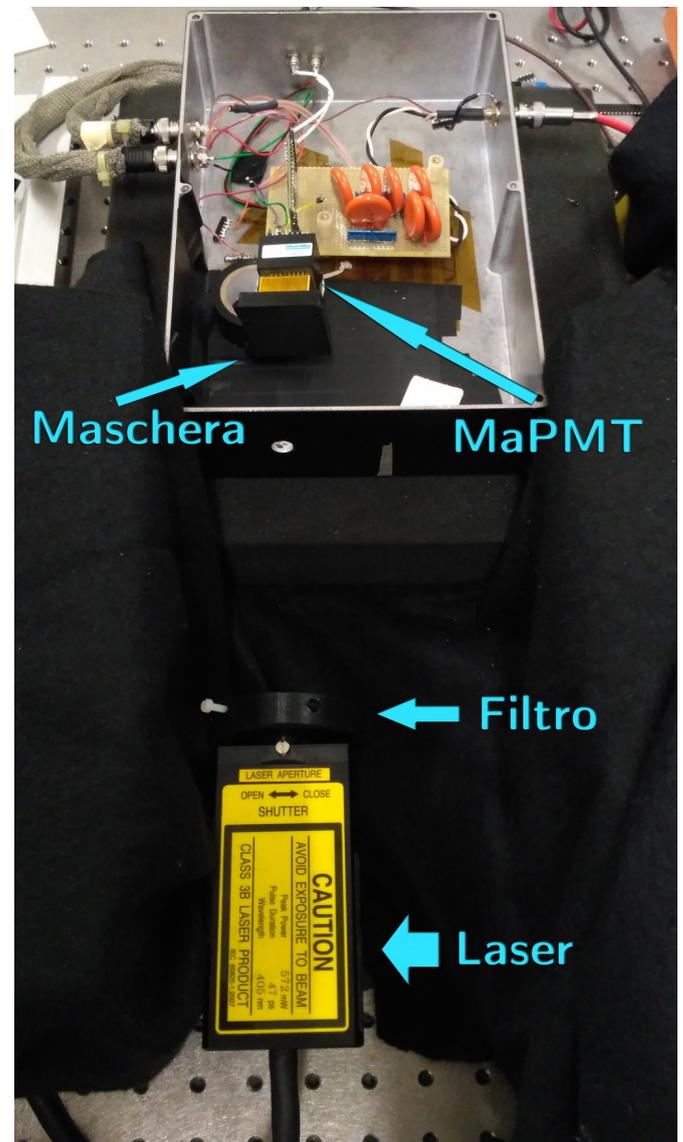


# Setup sperimentale

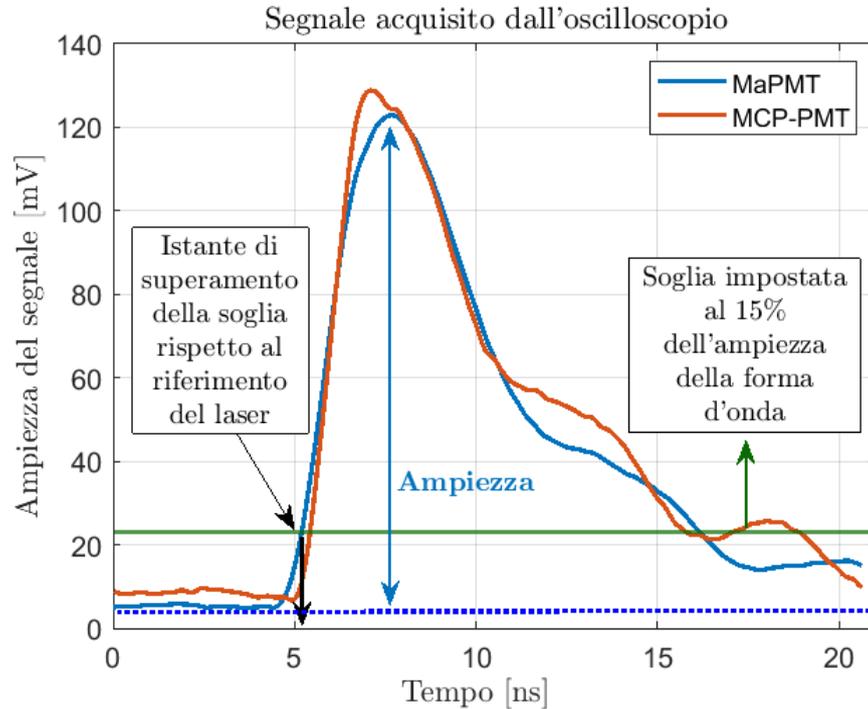
- Laser a impulsi
- Oscilloscopio per acquisire le forme d'onda del segnale di uscita del rivelatore in sincrono con gli impulsi del laser
- Filtri attenuatori per operare in regime di singolo fotone
- Mascherine forate per illuminare il centro dei pixel

Dipendenze studiate:

- HV
- Area illuminata
- Tasso di fotoni
- Punto di interazione del fotone sulla superficie



# Analisi del segnale

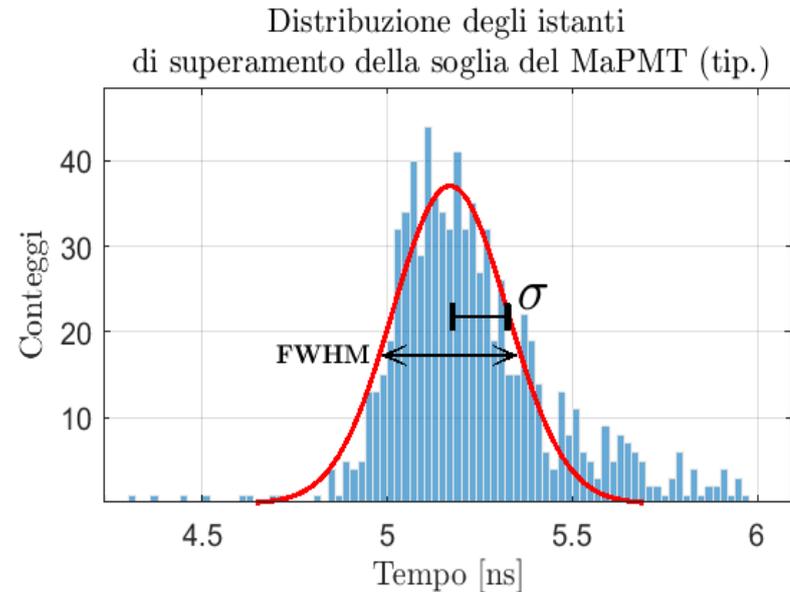


- L'effetto *Amplitude walk* è stato corretto considerando una soglia a frazione costante della ampiezza.

$$\sigma^2 = \sigma_{PMT}^2 + \sigma_{laser}^2 + \sigma_{rumore}^2 + \sigma_{oscilloscopio}^2$$

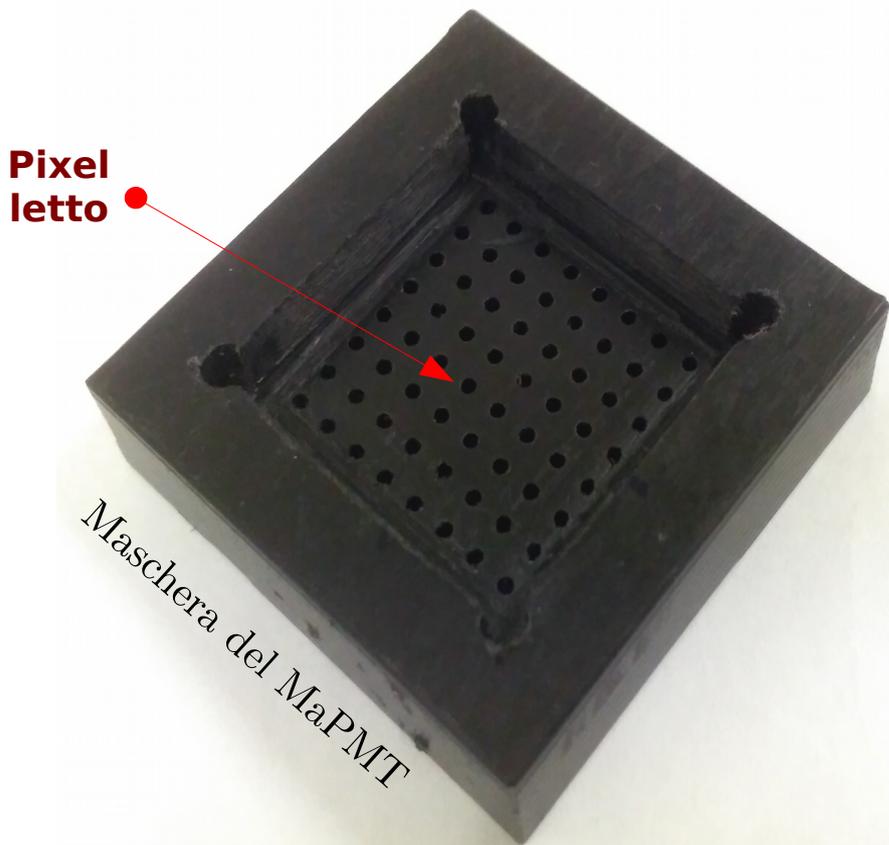
$$\sigma_{rumore} \sim 5 \text{ ps}, \sigma_{oscilloscopio} < 10 \text{ ps}$$

$$FWHM_{laser} = 70 \text{ ps}$$



- Risoluzione temporale misurata dalla ampiezza a mezza altezza della distribuzione dei tempi.

# Condizioni di illuminazione



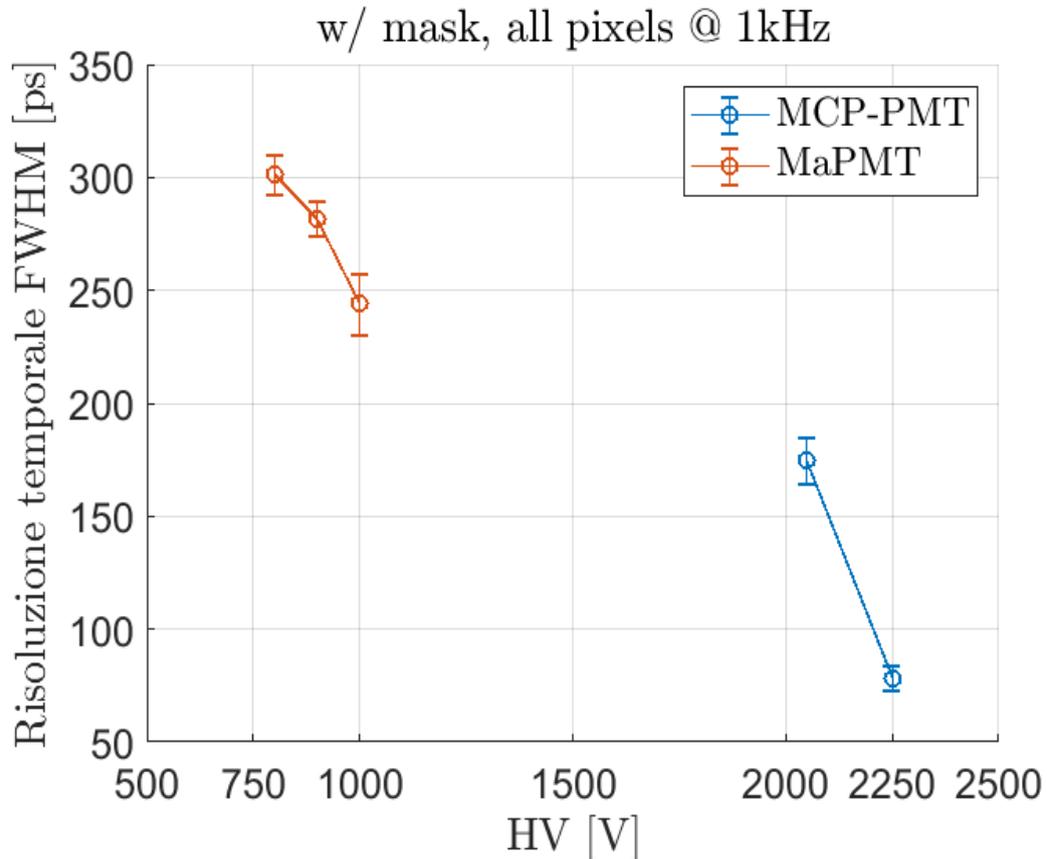
- Fori da 1mm di diametro ( $0.78\text{mm}^2$ )

Dispositivo	Lato pixel	Area illuminata con maschera
MaPMT	2.88 mm	~9 % (del pixel)
MCP-PMT	5.28 mm	~3 % (del pixel)

### Etichette per le differenti configurazioni

w/ mask, 1 pixel	Maschera posizionata sul dispositivo, con un solo foro scoperto (gli altri erano coperti da nastro nero)
w/ mask, all pixels	Maschera posizionata, ma tutti i fori sono scoperti
w/o mask	Senza maschera, l'intera superficie del dispositivo è illuminata

# Dipendenza dalla tensione di alimentazione



- La risoluzione temporale aumenta con la tensione.

- Gli effetti dovuti al rumore vengono ridotti grazie ad una maggiore pendenza del fronte di salita.

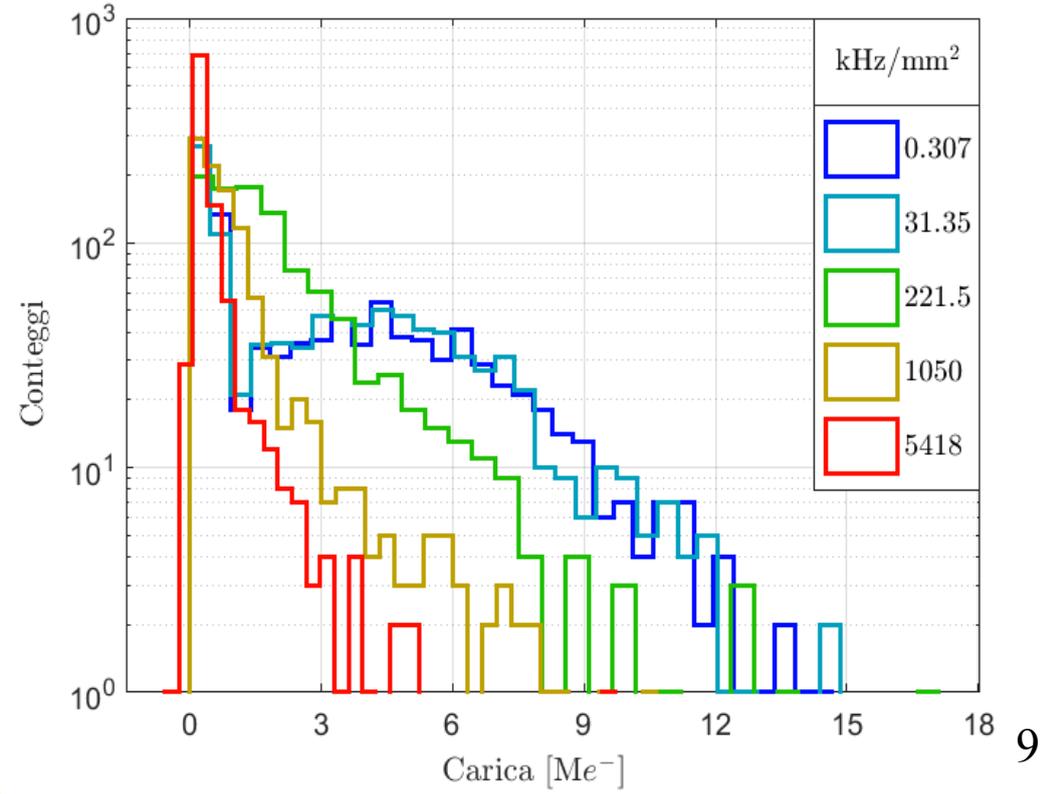
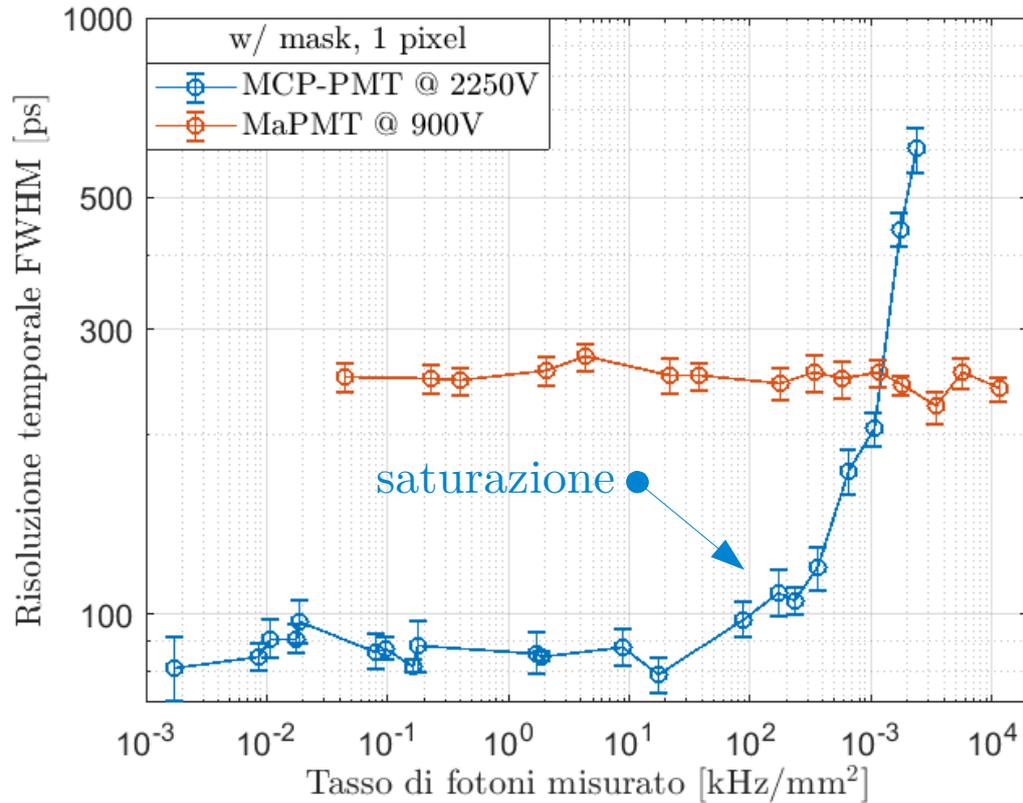
$$\sigma_T = \frac{\sigma_V}{|f'|}$$

- Un campo elettrico più intenso riduce il tempo di transito (e le sue fluttuazioni) degli elettroni.

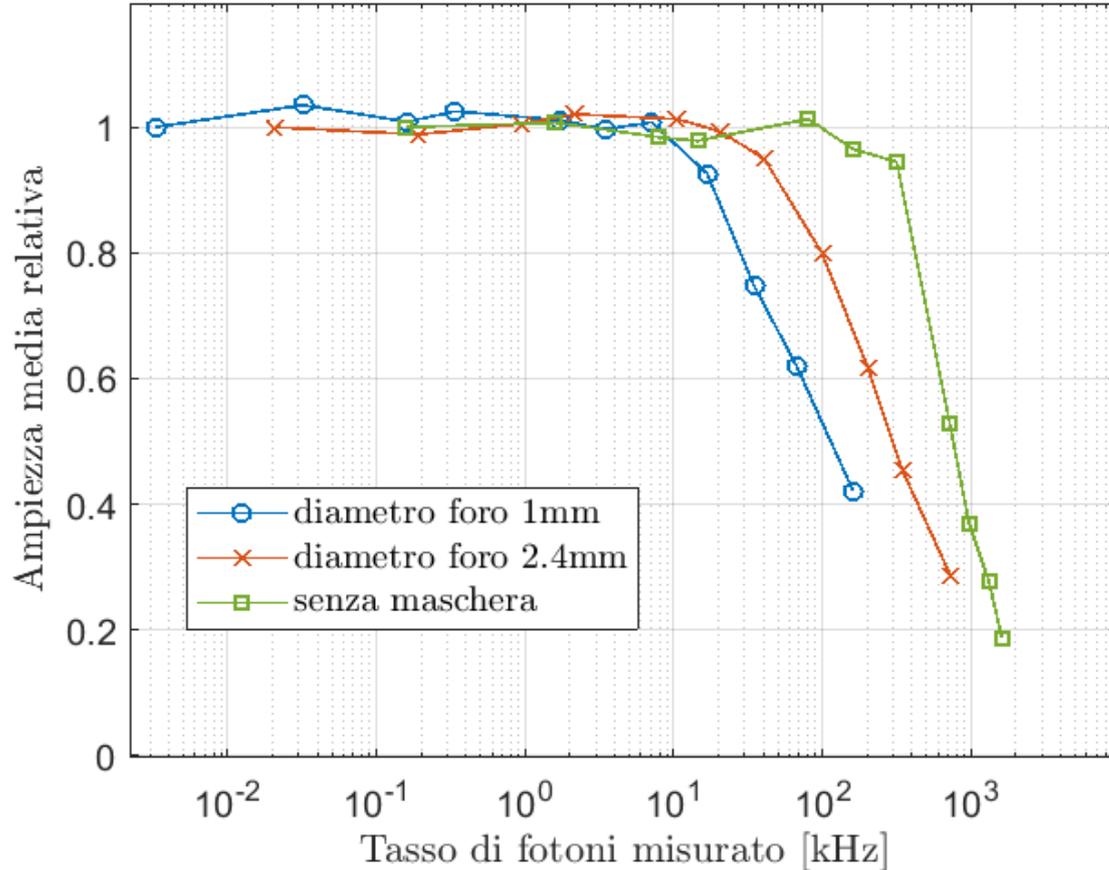
# Dipendenza dal tasso di fotoni

- MaPMT stabile fino a  $\sim 10 \text{ MHz/mm}^2$
- MCP-PMT satura oltre  $\sim 100 \text{ kHz/mm}^2$

- La saturazione riduce l'ampiezza del segnale dell' MCP-PMT.



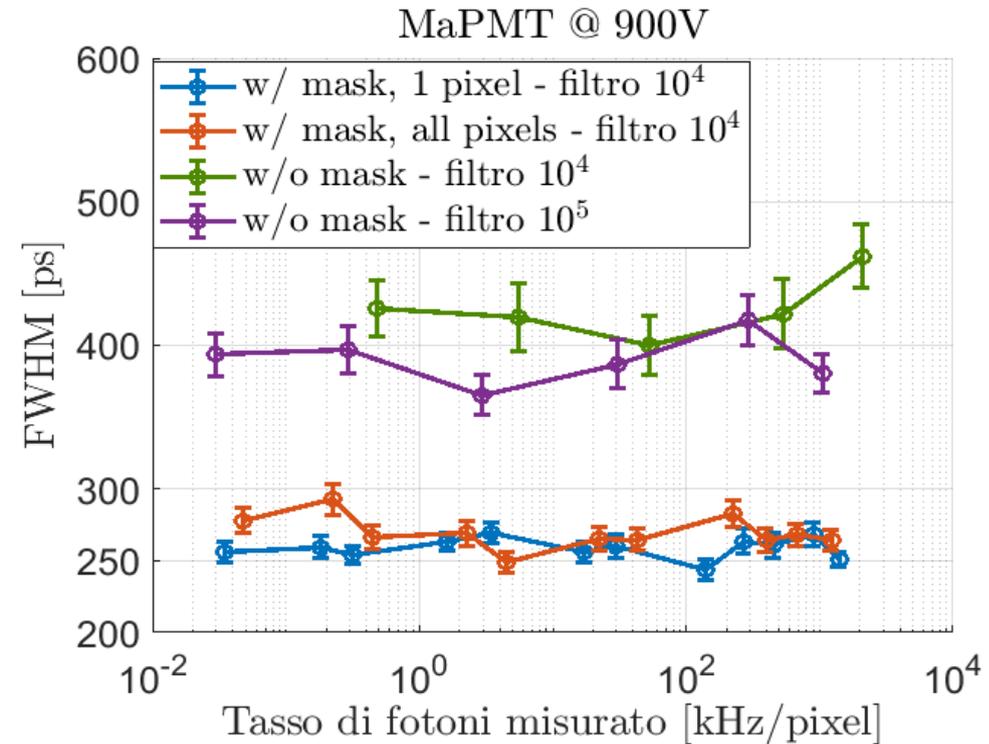
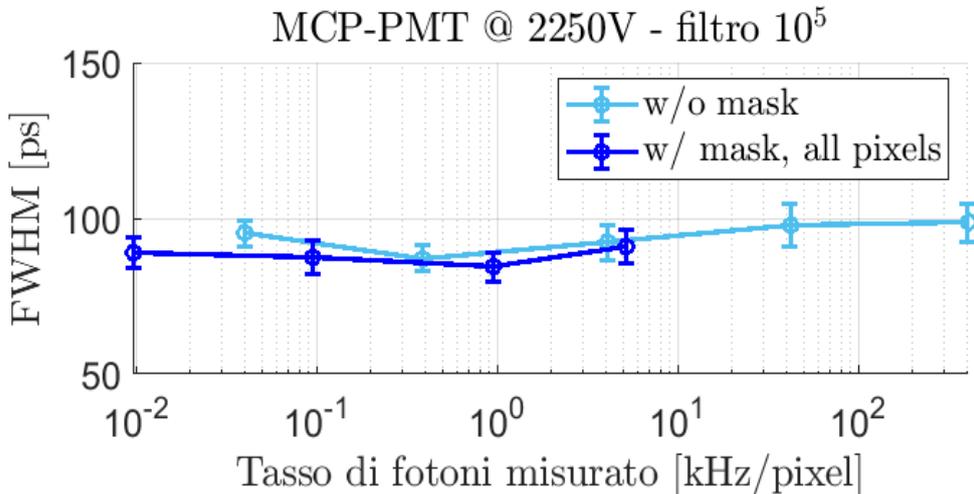
# Dipendenza dal tasso di fotoni



- Ampiezza media del segnale anodico del MCP-PMT, per diversa area del pixel illuminata (La scala verticale è relativa al punto a più basso tasso per ogni curva).
- **Fenomeno locale:** il tasso a cui si comincia a manifestare la saturazione scala con l'area illuminata.

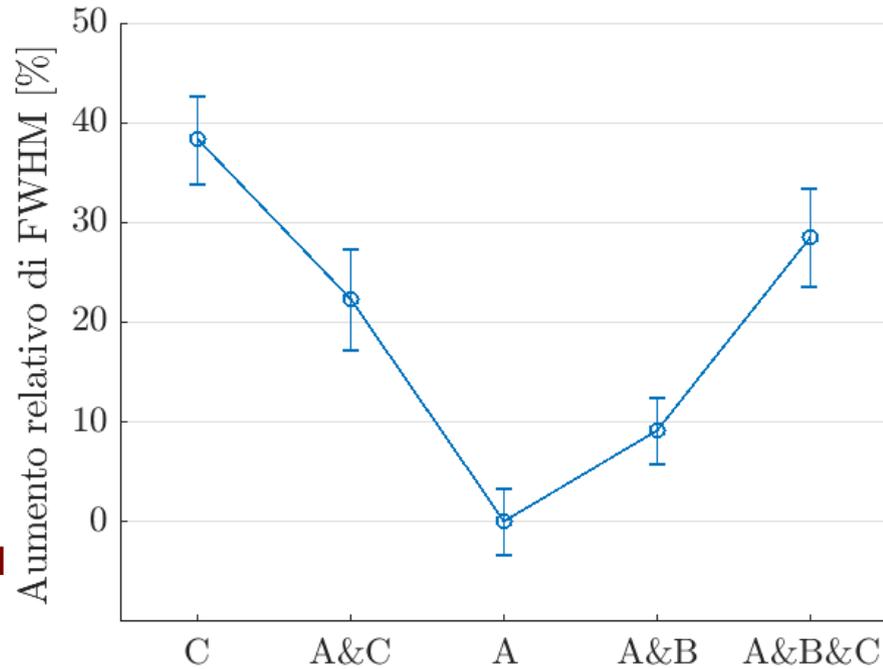
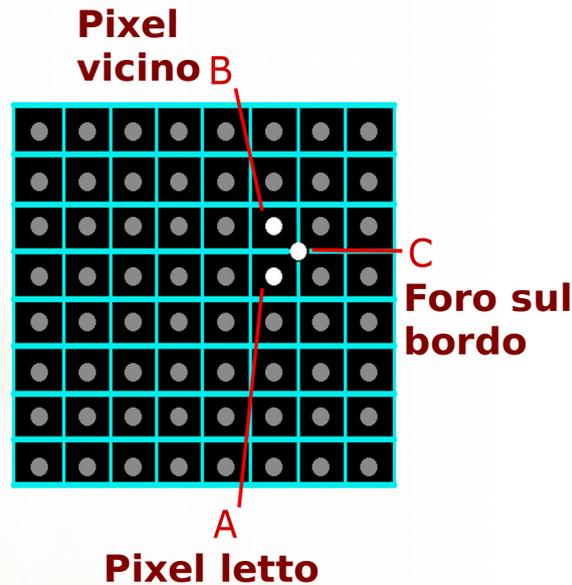
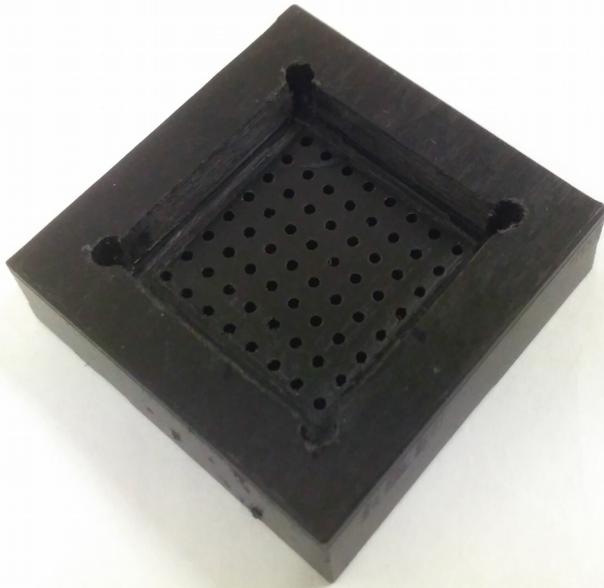
# Illuminazione senza maschera

- A differenza dell' MCP-PMT, il MaPMT mostra una risoluzione temporale peggiore quando è illuminato completamente.
- Questo deterioramento non dipende dal rateo di fotoni, ed è presente anche usando filtri con fattori di attenuazione più alti.



# Dipendenza dal punto di interazione

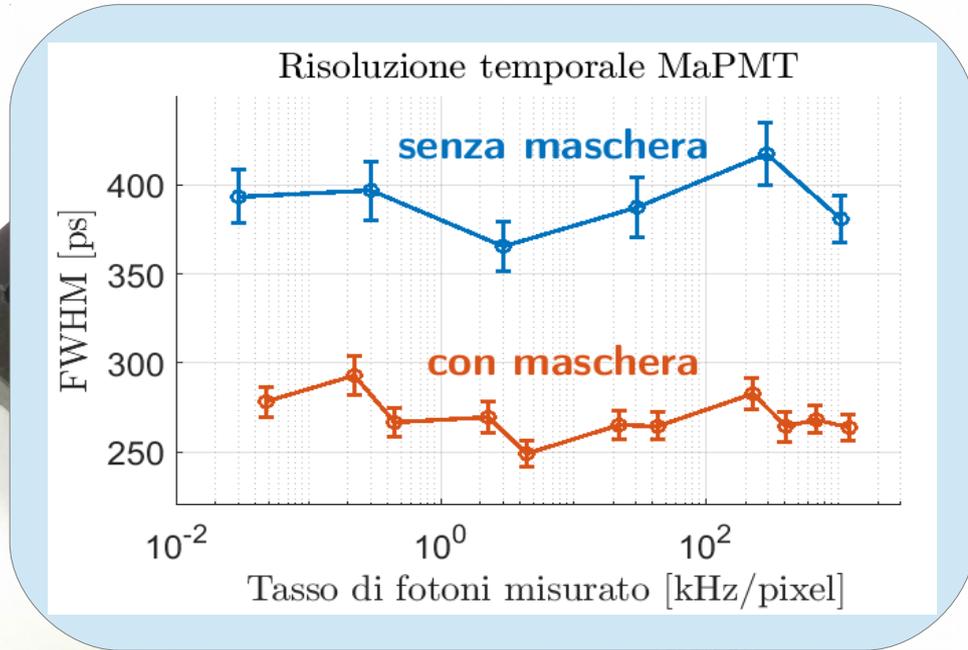
- Dopo aver aggiunto un ulteriore foro (C) nella maschera sono state testate diverse configurazioni, con solo uno o due pixel illuminati.



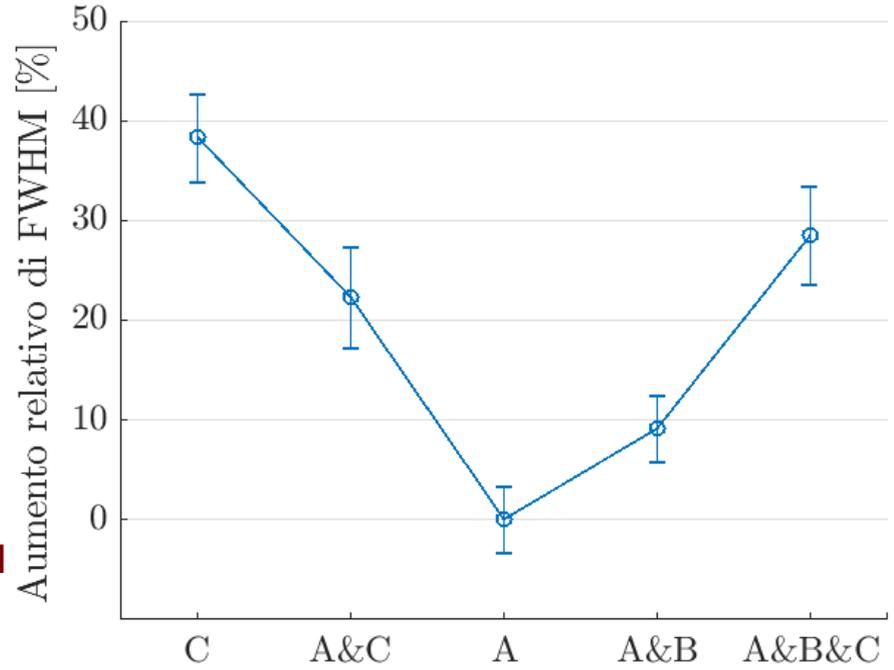
- Lontano dal centro del pixel sia il tempo di transito che il relativo sparpagliamenti sono maggiori.

# Dipendenza dal punto di interazione

- Dopo aver aggiunto un ulteriore foro (C) nella maschera sono state testate diverse configurazioni, con solo uno o due pixel illuminati.



oro sul  
bordo



- Lontano dal centro del pixel sia il tempo di transito che il relativo sparpagliamento sono maggiori.

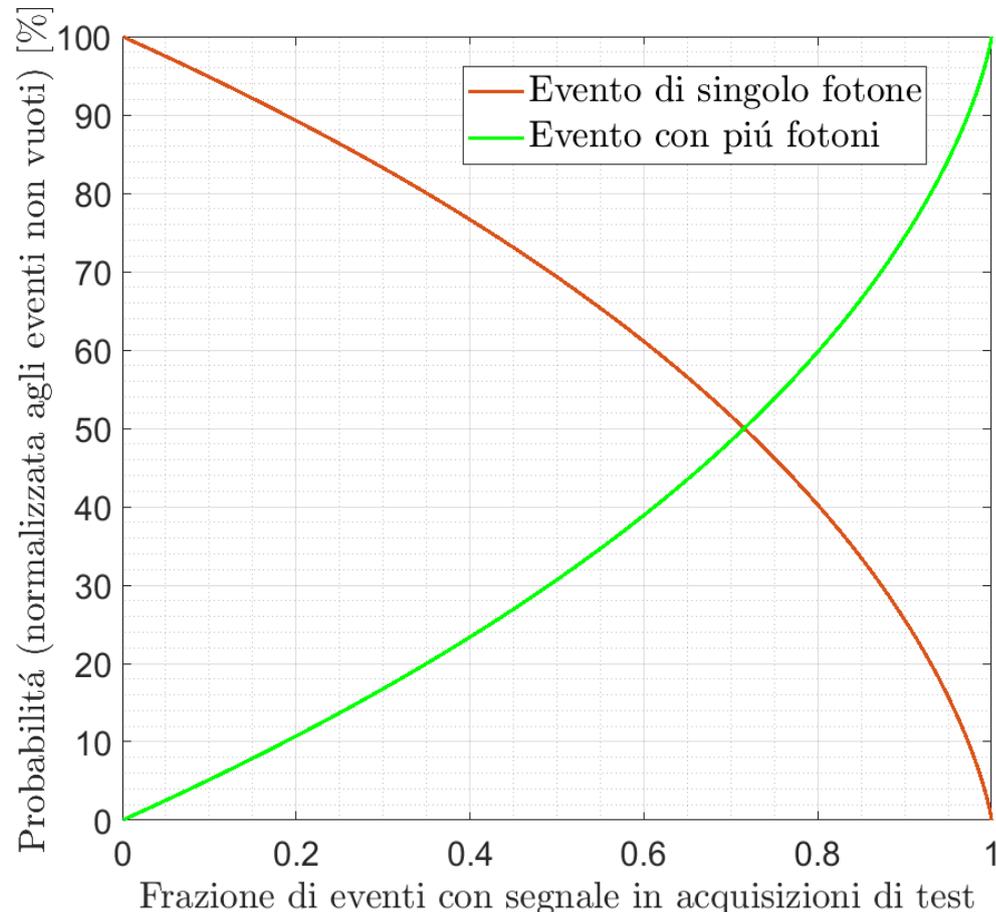
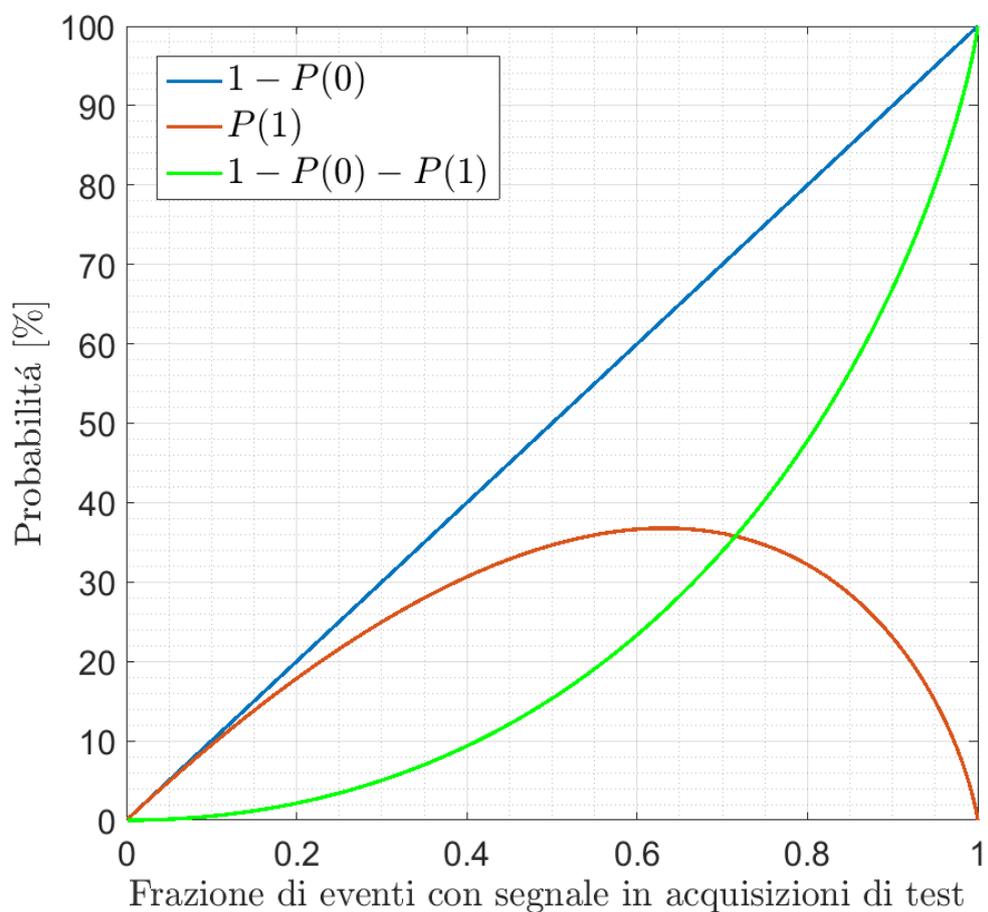
# Conclusioni

- La risoluzione temporale del MaPMT R13742 in regime di singolo fotone è  $\sim 400$ ps FWHM, stabile fino ad alti rate di fotoni.
- La risoluzione migliora fino a raggiungere  $\sim 270$ ps FWHM quando viene illuminato solo il centro dei pixel.
- La risoluzione temporale del MCP-PMT R10754 in regime di singolo fotone è minore di 100ps FWHM, ma satura oltre 100 kHz/mm<sup>2</sup>.

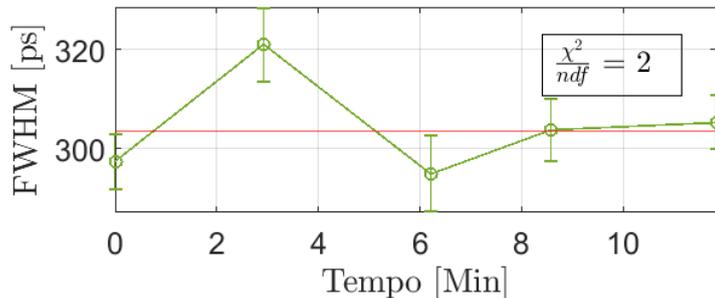
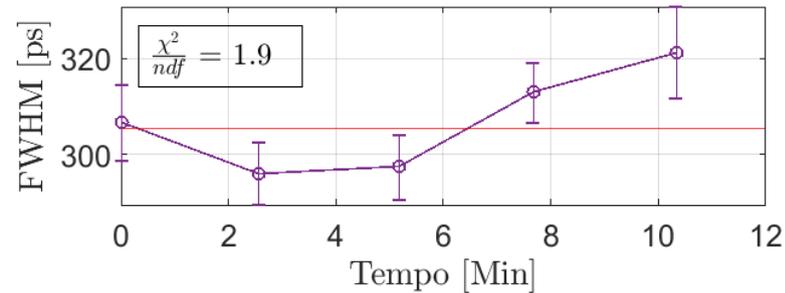
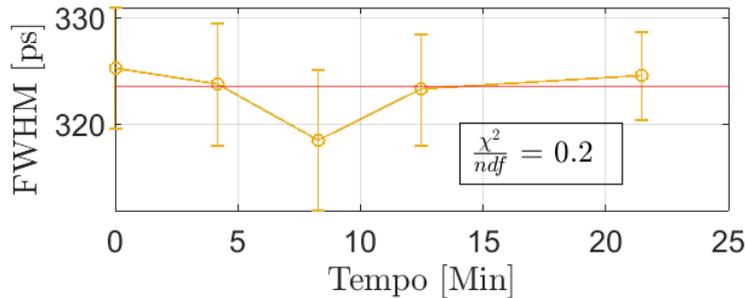
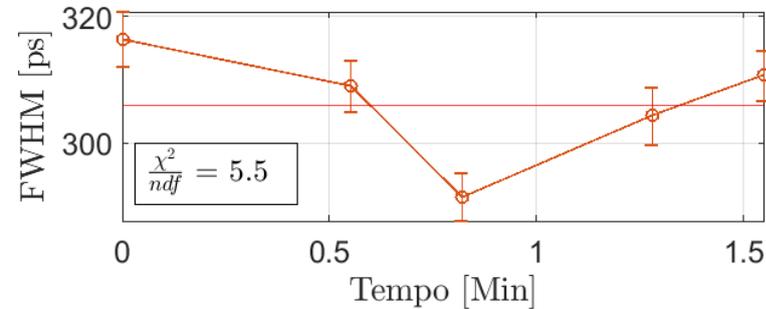
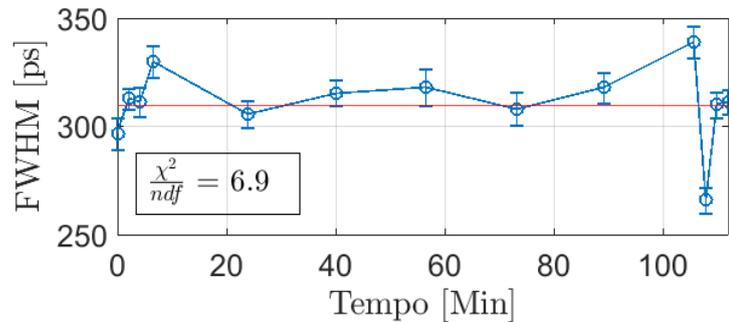
Grazie per la vostra attenzione!

Backup

# Probabilità di eventi con uno o più fotoni



# Riproducibilità delle misure



- 1k eventi/run - w/ mask
- 10k eventi/run - w/ mask
- 2k eventi/run - 1Pixel
- 1k eventi/run - 1Pixel
- 1k eventi/run - w/ mask